

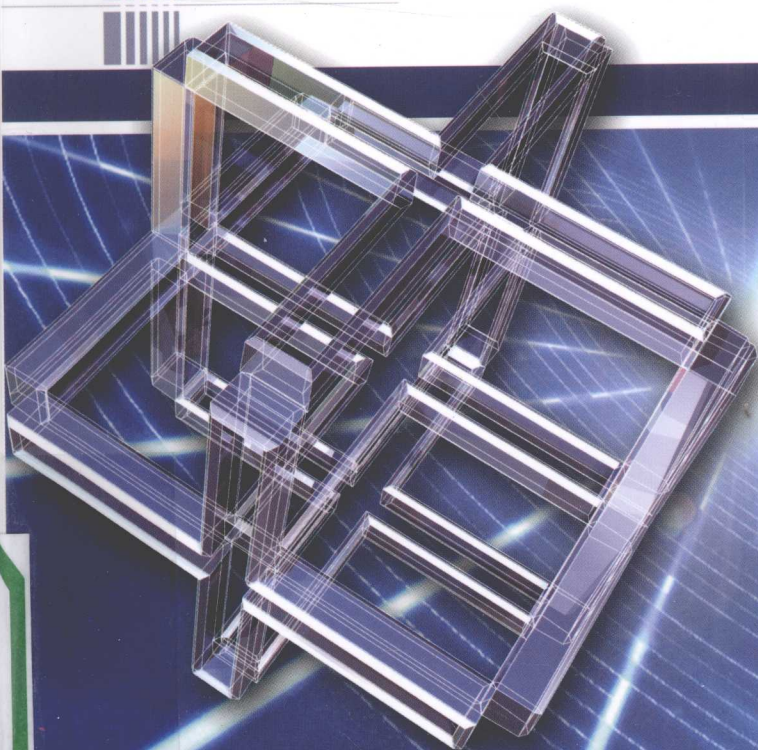


“十一五”重点规划教材

New Century Mechanical Series
新世纪机械系列丛书

先进制造技术

主编 / 郭黎滨 张忠林 王玉甲



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

“十一五”重点规划教材

New Century Mechanical Series
新世纪机械系列丛书

先进制造技术

主 编 郭黎滨 张忠林 王玉甲

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

先进制造技术内涵广泛、学科交叉,并且不断地发展与完备,在激烈的国际市场竞争中,制造业要求生存和发展,必须掌握并科学运用最先进的制造技术。先进制造技术也是改造传统产业的有力武器。先进制造技术的发展与产业化,将对国民经济的发展产生越来越大的影响。

本书系统介绍各种先进制造技术的理念和装备技术,旨在使学生熟悉国内外先进制造技术前沿,开阔学生思维,拓宽知识面,掌握先进的方法,培养学生创新思维和工程实践的能力。全书共分六章,主要介绍先进技术的内涵、虚拟制造技术、微细加工技术、纳米制造技术、快速成型技术、制造自动化技术。

本书可以作为机械设计及理论、机械制造及自动化、工业工程、车辆工程、机械电子工程等专业的硕士研究生、博士研究生的课程教材,也可以作为科研和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术/郭黎滨,张忠林,王玉甲主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.9

ISBN 978 - 7 - 81133 - 548 - 4

I. 先… II. ①郭…②张…③王… III. 机械制造工艺 - 高等学校 - 教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 163334 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 18.25
字 数 441 千字
版 次 2010 年 1 月第 1 版
印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷
定 价 29.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

21 世纪的制造技术正在向全球化、自动化、集成化、绿色化的方向发展,制造业仍然是影响国民经济发展、提高人民生活水平的主要产业。先进制造技术是集机械、电工、电子、信息、材料、能源和管理等各项先进技术而发展起来的高新技术,它是发展国民经济的重要基础技术之一。先进制造技术内涵广泛、学科交叉,并且不断地发展与完备。在激烈的国际市场竞争中,制造业要生存和发展,必须掌握并科学运用最先进的制造技术。先进制造技术也是改造传统产业的有力武器。先进制造技术的发展与产业化,将对国民经济的发展产生越来越大的影响。

本书系统地介绍了各种先进制造技术的理念和装备技术,旨在使学生熟悉国内外先进制造技术前沿,开阔学生思维,拓宽知识面,掌握先进的方法,培养学生创新思维和工程实践的能力。全书共分六章,主要介绍先进技术的内涵、虚拟制造技术、微细加工技术、纳米制造技术、快速成型技术、制造自动化技术。

第 1 章概括介绍先进制造技术的由来和发展、科学技术带来的制造业的变革、先进制造技术的内涵以及先进制造技术的发展趋势。

第 2 章介绍先进制造技术群中的现代虚拟制造技术,主要包括虚拟现实技术、虚拟设计技术和虚拟制造系统。

第 3 章介绍先进的微细加工技术,微细加工技术是 MEMS 技术的核心技术,是 MEMS 技术的关键和基础,也是 MEMS 技术研究中最活跃的领域。

第 4 章介绍先进的纳米技术,主要包括:纳米级精度和表面形貌测量及表面层性能检测、纳米级加工技术、纳米材料、纳米级传感与控制技术、超微型机械。

第 5 章介绍快速原型技术 RPM,是 CAD 技术、数控技术、材料科学、机械工程、电子技术和激光等技术于一体的综合技术,是实现从零件设计到三维实体原型制造一体化系统技术。

第 6 章介绍先进的制造自动化技术,包括刚性自动化、柔性自动化和综合自动化,掌握数控技术、计算机数控、柔性制造单元、柔性制造系统的柔性自动化和计算机集成制造技术 CIMS、并行工程、网络化制造技术的综合自动化技术。

本书可以作为机械设计及理论、机械制造及自动化、工业工程、车辆工程、机械电子工程等专业的硕士研究生、博士研究生的课程教材,也可以作为科研和工程技术人员的参考书。

本教材主要由郭黎滨、张忠林、王玉甲编著,其中第 2 章、第 5 章由张忠林编写;第 1 章、第 6 章由王玉甲编写;第 3 章、第 4 章由郭黎滨编写,并负责全书统稿。

本书紧密结合作者硕士、博士的教学实际,融合了作者多年的教学成果和实践经验,本着贯彻“质量工程”精神,落实高校“创新推动、打造品牌”人才培养战略,适应新世纪的创新型、应用型人才需求,与高校研究型大学培养目标相吻合。

由于时间仓促,加之作者编写水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,恳切希望广大读者提出宝贵意见。

编 者

2009 年 7 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 制造业的历史与发展	1
1.2 科学技术发展与制造业变革	2
1.3 先进制造技术内涵与特征	4
1.4 先进制造技术的发展趋势	8
思考与练习	10
参考文献	10
第 2 章 虚拟制造技术	13
2.1 概述	13
2.2 虚拟现实技术	24
2.3 虚拟产品建模技术	32
2.4 虚拟样机技术	42
2.5 虚拟加工技术	48
2.6 虚拟装配技术	52
思考与练习	56
参考文献	57
第 3 章 微细加工技术	61
3.1 微机械及微细加工概述	61
3.2 微细加工技术的现状和趋势	73
3.3 微细加工工艺方法	84
思考与练习	118
参考文献	119
第 4 章 纳米技术	123
4.1 概述	123
4.2 纳米级加工技术	130
4.3 纳米级测量技术	146
思考与练习	154
参考文献	154
第 5 章 快速原型技术	157
5.1 概述	157
5.2 快速原型技术工艺方法	161
5.3 快速原型技术发展趋势	196
思考与练习	198
参考文献	198

第 6 章 制造自动化技术	202
6.1 概述	202
6.2 加工设备自动化	209
6.3 制造系统物流自动化	226
6.4 刀具自动化	239
6.5 过程检测自动化	249
6.6 装配自动化	260
6.7 计算机集成制造	273
思考与练习	279
参考文献	279

第 1 章 绪 论

本章简要叙述了制造业的历史、发展和科学技术发展所引起的制造业变革,从而,引出先进制造技术,较为细致地阐述先进制造技术定义、内涵与特征、先进制造技术的构成和分类,给出了先进制造技术的发展趋势。

1.1 制造业的历史与发展

一个国家经济的崛起在很大程度上取决于工业革命与制造业的发展。在近百年国际现代化的历史进程中,这样的经验是普遍存在的,那就是善于抓住国际机遇,比如英国在 18 和 19 世纪抓住工业革命的历史机遇成为当时世界超级大国,德国在 19 世纪抓住第二次工业革命的机遇成为欧洲强国,美国抓住第三次科技革命成为当今科技强国。

18 世纪下半叶在英国开始的变革,对人们的生活产生了根本性的影响,我们可以称其为“工业革命”(第一次工业革命 First Industrial Revolution),它彻底改变了人类从务农和定居所开始的生活环境,作为世界主导的海上和殖民大国的英国,变得越来越富有了。1789 年詹姆斯·瓦特设计的第一台实用的蒸汽机(图 1-1)是第一次工业革命的一个具有划时代意义的发明。这台机器不仅减轻了人们的劳动强度,而且还可以在很多领域取代手工劳动。矿山和冶炼业,钢铁加工业的生产,都有了革命性的变化,钢铁的需求量与日俱增。同时蒸汽驱动的纺纱机和织布机的发明,使棉花的加工更加方便和快速,纺织品的生产也飞速提高。新的更大的车间建立了起来,人们需要更多的机器,制造产品不再在手工工场生产,而是在工厂了。

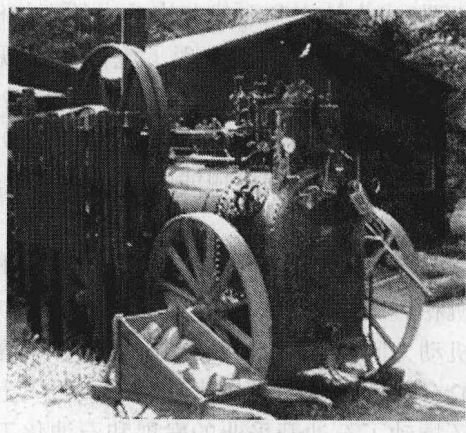


图 1-1 蒸汽机

1821 年,利物浦和曼彻斯特之间修建的第一条铁路开始运行,铁路线的扩建使工业获得了新的动力。批量生产的时代开始了,英国走上世界第一工业国的道路。其他各个国家从此视英国为榜样,并很快按照英国的模式赶了上来。

制造的英语单词为 Manufacture,源于拉丁语的 manu(手)和 facere(做),说明其原意的制造方式主要为手工操作。制造是人类按照其所需,运用主观掌握的知识和技能,借助于手工或可以利用的客观物质工具,采用有效的方法,将原材料转化为最终物质产品,并投入市场的全过程。因此,制造不是指单独的加工过程,而要包括市场调研和预测、产品设计、选材和工艺设计、生产加工、质量保证、生产过程管理、营销、售后服务等产品寿命周期内一系列相互联系的活动。制造业是所有与制造有关的企业机构的总体,制造业是国民经济的支柱产

业。制造业一方面创造价值,增加物质财富和产生新的知识,另一方面又为国民经济,包括国防和科学技术的进步与发展提供先进的手段和装备。在工业化国家中,约有 1/4 的人口从事各种形式的制造活动,在非制造业部门中,约有半数人的工作性质与制造业密切相关。纵观世界各国,如果一个国家的制造业发达,它的经济必然强大。大多数国家和地区的经济腾飞,制造业功不可没。

1.2 科学技术发展与制造业变革

第二次工业革命(Second Industrial Revolution)开始于 19 世纪 70 年代,其主要标志是电力的广泛应用(即电气时代)。1870 年以后,科学技术的发展突飞猛进,各种新技术、新发明层出不穷,并被迅速应用于工业生产,大大促进了经济的发展。当时,科学技术的突出发展主要表现在三个方面,即电力的广泛应用、内燃机和新交通工具的研制、新通信技术手段的发明。

以电力的广泛应用为显著特点。从 19 世纪 60~70 年代开始,出现了一系列电气发明。德国人西门子(Siemens)发明发电机,比利时人格拉姆(Gelam)发明电动机,电力开始用于带动机器,成为补充和取代蒸汽动力的新能源。电力工业和电器制造业迅速发展起来。

19 世纪早期,人们发现了电磁感应现象,科学家们根据这一现象,对电作了深入的研究。在进一步完善电学理论的同时,开始研制发电机。1866 年,德国科学家西门子制成一部发电机,后来几经改进,逐渐完善,到 19 世纪 70 年代,实际可用的发电机问世。电动机的发明,实现了电能和机械能的互换。随后,电灯、电车、电钻、电焊机等电气产品如雨后春笋般地涌现出来。

又一重大成就是内燃机的研制和使用。19 世纪 70~80 年代,以煤气和汽油为燃料的内燃机相继诞生,到了 19 世纪 90 年代柴油机研制成功。内燃机的发明解决了交通工具的发动机动力问题。1885 年,德国人卡尔·本茨又成功地制造了第一辆由内燃机驱动的汽车;1902 年 12 月,以内燃机为动力的飞机飞上蓝天。内燃机车、远洋轮船等也得到迅速发展,此外还推动了石油开采业的发展和石油化工工业的产生,石油的开采量和提炼技术也大大提高。1870 年,全世界大约只生产了 80 万吨石油,到 1900 年已猛增到 2 000 万吨。

第二次工业革命期间,电信事业的发展尤为迅速。继有线电报出现之后,电话、无线电报相继问世,为快速地传递信息提供了方便。从此,世界各地的经济、政治和文化联系进一步加强。

相比第一次工业革命,第二次工业革命具有以下三个特点。

(1)在第一次工业革命时期,许多技术发明都来源于工匠的实践经验,科学和技术尚未真正结合;而在第二次工业革命期间,自然科学的新发展,开始同工业生产紧密地结合起来,科学推动生产力发展发挥了更为重要的作用,它与技术的结合使第二次工业革命取得了巨大的成果。

(2)第一次工业革命首先发生在英国,重要的新机器和新生产方法主要是在英国发明的,其他国家工业革命发展相对缓慢;而第二次工业革命几乎同时发生在几个先进的资本主义国家(如德国、美国等),新的技术和发明超出了一国的范围,其规模更加广泛,发展也比较迅速。

(3)第二次工业革命开始时,有些主要资本主义国家如日本尚未完成第一次工业革命,

对它们来说,两次工业革命是交叉进行的。它们既可以吸收第一次工业革命的技术成果,又可以直接利用第二次工业革命的新技术,这些国家的发展速度也比较快。

第二次工业革命时,德国异军突起,成为当时可以与英国抗衡的一个有代表性的先进国家。第二次工业革命使得制造业是以批量生产和规范化生产为主要特点。

第三次工业革命也称科技革命,是在20世纪中叶到20世纪末,开始于美国,使美国成为当时世界上最有代表性的先进国家。第三次科技革命是人类文明史上继蒸汽技术革命和电力技术革命之后科技领域里的又一次重大飞跃。它以原子能、电子计算机和空间技术的广泛应用为主要标志,涉及信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术、空间技术和海洋技术等诸多领域的一场信息控制技术革命。在20世纪70年代,微电子全面代替真空电子,而日本抓住了这个机遇,以微电子技术、微米技术为中心,以家用电器为契机,把彩电、录音机、照相机、录像机、电冰箱、洗衣机等产品推向全世界,使日本成为二战以后发展速度最快的经济大国,现在它的GDP仍然保持世界第二位。这场微电子代替真空电子的技术变革造就了一个新日本,同时,它也带动了今天IC、IT产业的集成电路、网络通信、计算机等领域的发展。这次科技革命不仅极大地推动了人类社会经济、政治、文化领域的变革,而且也影响了人类生活方式和思维方式,使人类社会生活和人的现代化向更高境界发展。正是从这个意义上讲,第三次科技革命是迄今为止人类历史上规模最大、影响最为深远的一次科技革命。

制造业随着三次科技革命的发展,降低产品成本的流水生产线、自动控制技术和科学管理方法得到了应用。在20世纪80年代,先进制造技术也最先由美国提了出来。

第四次工业革命是在20世纪与21世纪之交的2000年,发起国家有美国、德国、日本和中国,目的是为了寻找环保的可替代能源,以解决目前的能源和环境危机。在节省能源上,各国的政策是一样的,生物质能源是实现循环能源经济的最优方案,可以作为人类的主要能源,太阳能和风能作为辅助和补充能源。尽管各国对环境问题都比较重视,但该问题依然非常突出,农药的污染、汽车尾气的污染、工业生产带来的废水、废气、废物依然不容忽视。

这些问题的产生,迫切要求新行业的兴起,来解决这些问题。目前,除了各行业人员的努力,另有一行业对这些问题的解决都有很好的前景,这就是生物工程。

生物工程,是20世纪70年代初开始兴起的一门新兴的综合性应用学科,是以生物学(特别是其中的微生物学、遗传学、生物化学和细胞学)的理论和技術为基础,结合化工、机械、电子计算机等现代工程技术,充分运用分子生物学的最新成就,自觉地操纵遗传物质,定向地改造生物或其功能,短期内创造出新物种,再通过合适的生物反应器对这类“工程菌”或“工程细胞株”进行大规模的培养,以生产大量有用代谢产物或发挥它们独特生理功能一门新兴技术。生物工程的应用领域非常广泛,包括农业、工业、医学、药理学、能源、环保、冶金、化工原料等。它必将对人类社会的政治、经济、军事和生活等方面产生巨大的影响,为世界面临的资源、环境和人类健康等问题的解决提供美好的前景,它的巨大发展,必将对各行业产生冲击性的影响。因此,有学者提出生物工程有可能成为未来第四次工业革命的核心。

第五次工业革命的核心有学者认为是人工智能,他的理由是因为机器的发展必将代替人的脑力劳动。各种定理、结论的得出,经验的归纳,材料的整理,信息的归类和消化,文章的草拟都可以由人工智能机器来完成。机器的高度自动化,必将带来一场更深刻、更广泛的科学技术革命,必将对各行业产生巨大的推动作用。

还有学者认为第五次工业革命的主导技术是纳米技术,早在2000年3月,美国总统克

林顿向国会发布了关于美国纳米技术促进计划,标题是《纳米技术:要引发下一场工业革命》。这个报告一发布,立即在全世界引起强烈反响。接着,中国、日本、欧洲各国都纷纷布置,其他一些发展中国家也把发展纳米技术作为极其重要战略决策来进行实施。

从生物技术及其产业发展来看,生物技术,包括生物制药等相关产业发展应用纳米技术已是刻不容缓。因为在人类测定出基因组排序以后,我们对遗传疾病、疑难病症又有了新的认识,而且利用基因排序,可以进行医药、医疗方面的研究。目前,基因芯片研究已经进入实验室,生物芯片组装就是用纳米技术,而生物酶也是纳米尺度,这些研究对象是纳米生物学研究内涵之一,下一步生物技术的发展,就要和纳米技术相结合。

从工业革命的特点来看,节约资源、节约能源、净化环境是下一次工业革命的必然趋势。在下一轮工业革命中要想节约资源、能源,就要用纳米尺度的材料做成器件,它的特点是工具小、节省材料、能耗低。纳米技术在新的工业革命当中将发挥重要的作用。

从纳米产业未来的市场发展来看,世界各国正在纷纷抢占纳米产业这个巨大的市场。对未来纳米材料所创造的产值,德国早在 1997 年就预测:2000 年全世界纳米技术和相关产业产值为 3 700 亿马克,到 2010 年要达到 22 000 亿马克。近年来,美国、日本、德国加大了对纳米技术研究的投资力度。1997~2000 年,美国是 1.9 亿美元,日本 1.98 亿美元,还不如日本多,但是在 2000 年,美国在这方面的研究投资增加了一倍,达 4.98 亿美元,尽管日本经济不太景气,仍投入了 4.2 亿美元,德国决策投资 3.7 亿美元。我国也十分重视在这方面的投入,2000 年以后,中国计划投资每年 5 亿人民币,5 年累计投入 25 亿来发展纳米技术。国家纳米科技协调指导委员会成立,组织专家起草了中国纳米科技发展纲要。《纲要》提出:除了支持现有项目外,还要开展若干个纳米专项研究,建立两个技术平台,若干个核心实验室,要在全局布局若干个纳米技术工程示范中心,建立若干个示范产业,而且要辐射若干个相关产业。

纳米技术是一种在纳米尺度空间内的生产方式和工作方式,并在纳米空间认识自然、创造一种新的技能。比如进入血管的机器人很小,将来它要工作的工具就必须是纳米材料。最近,科学家已经发明了纳米铲子、纳米勺子,血管机器人可以在血管里用这些工具来进行操作,这就是纳米工具。

无论是人工智能还是纳米技术的科技时代,都预示着人类社会将从机械化、电气化的时代进入到另一个更高级的自动化时代,也就是先进制造技术时代。先进制造技术的广泛运用所带动的空间技术和海洋技术等的发展,也标志着人类社会已从被束缚于地球表面的“地球居民”时代进入一个远为辽阔的陆海空立体新时期,不仅带来了物的现代化,引起劳动方式和生活方式的变革,而且也使人的观念、思维方式、行为方式、生活方式逐步走向现代化。

1.3 先进制造技术内涵与特征

1.3.1 先进制造技术的定义

先进制造技术这一概念是美国于 20 世纪 80 年代末期提出来的,至今已有 20 多年,各国学者对它的研究也不少,但还没有一个公认的严格定义。对于先进制造技术,有多种解释如下:

(1)先进制造技术是发展机电等支柱产业的关键技术,也是高新技术开发及产业化的支撑,其发展方向是精密化、强韧化、自动化、柔性化、集成化,重点发展现代设计、精密成形与加工、制造综合自动化、系统管理工程等,主要方向是 CAD、CAPP、CAM、SSMS、CIMS、MIS 等的推广应用;

(2)先进制造技术是指在制造业中采用各个领域的最新成果,以生产出高质量、高效益、低消耗、清洁和灵活生产的产品并获得最佳的技术和经济效益的一系列通用的制造技术;

(3)先进制造技术不是指某项具体技术,而是一个综合的系统技术,是传统制造技术与基础科学、管理学、人文社会学和工程技术等领域的最新成果、理论、方法有机结合产生的适应未来制造的前沿技术的总称;

(4)先进制造技术是指在现代管理理念指导下,运用现代信息技术,更快更好地进行研发、生产,满足顾客的需求,在研发、生产中采用的是 CAD、CAM、CIMS;

(5)所谓先进制造技术,是指传统制造技术不断吸收机械、电子、信息、材料、能源及现代化管理领域的成果,将其综合应用于产品生产、设计、制造、检测、管理和售后服务的全过程;

(6)先进制造技术是指计算机技术、信息技术、自动化技术、新材料技术、系统管理技术与传统制造技术相结合,综合地应用于产品设计、生产和使用维护全过程的系统集成技术;

(7)制造技术的这种变化范围已大大超出了传统制造技术的范畴,它不仅包括制造技术,还包括信息技术、设计技术、管理技术,人们把这种优越于传统的制造技术称为先进制造技术。

因此,可归纳为先进制造技术(AMT—Advanced Manufacturing Technology)是在一系列生产制造活动环节中,制造技术有机地融合并不断吸收计算机、信息、新材料、能源、系统管理等现代科学技术成果,将其综合应用于产品设计、加工、检验、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,提高对市场的适应能力、竞争能力和取得理想经济效益的制造技术的总称。

1.3.2 先进制造技术的构成

对先进制造技术体系结构的认识目前来自于美国的有两种,国内一种,介绍如下。

1. FCCSET 先进制造技术体系结构

美国联邦政府科学、工程和技术协调委员会(FCCSET)下属的工业和技术委员会先进制造技术工作组于 1994 年提出 AMT 的分类目录,如图 1-2(1)所示,包括主体技术群,即面向制造的设计技术群(产品和工艺设计技术群)、制造工艺技术群(加工和装配技术群)和支撑技术群和制造基础设施三个部分。这三大块相互联系,相互促进,组成一个完整的体系,该体系是从宏观的角度来描绘先进制造技术的组成以及各个组成部分在制造过程中的作用。

2. AMST 多层次先进制造技术体系

由美国机械科学研究院(AMST)提出的先进制造技术体系如图 1-2(2)所示。以优质、高效、低耗、清洁、灵活的基础制造技术为核心,该体系由三个层次组成,着重强调了先进制造技术从基础制造技术、新型制造单元技术(包括各种高新技术构成)到先进制造集成技术的发展过程。

(1)现代设计、制造工艺基础技术层,包括 CAD、CAPP、NCP、精密下料、精密塑性成形、精密铸造、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、精密热处理、优质高效连接技术、功能性防护涂层以及现代管理技术等。

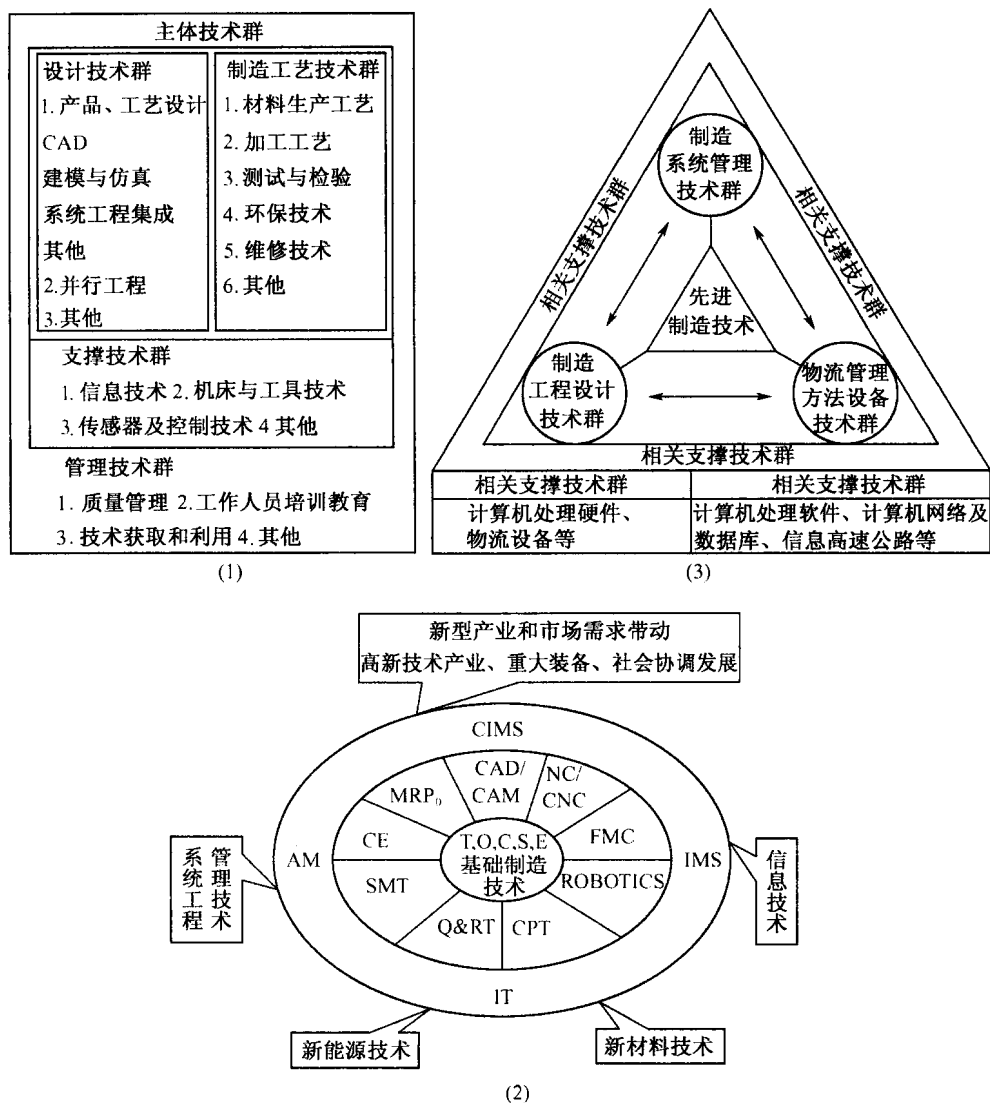


图 1-2 先进制造技术体系结构

(1) FCCSET 体系结构; (2) AMST 体系结构; (3) 国内学者体系结构

(2) 新型制造单元技术层, 来源于制造技术与电子、信息、新材料、新能源、环境科学、系统工程、现代管理等高新技术结合而形成的融合制造技术, 包括制造自动化单元技术、极限加工技术、质量与可靠性技术、系统管理技术、CAD/CAE/CAPP/CAM、清洁生产技术、新材料成形加工技术、激光与高密度能源加工技术、工艺模拟及工艺设计优化技术等。

(3) 系统集成技术层, 应用信息技术和系统管理技术, 通过网络与数据库对前面两个层次的技术集成而形成, 包括 FMS, CIMS, IMS 以及虚拟制造技术等。

3. 以 FCCSET 体系结构为基础,我国学者充实与完善的体系结构

该体系结构如图 1-2(3)所示,包括 4 个单元技术部分,分别为:

(1) 制造工程设计技术群,是指与设计有关的技术,比如可靠性设计、智能优化设计、反求工程、系统建模与仿真、疲劳设计、虚拟设计、计算机辅助的 CAX 设计、面向设计的 DFX 设计等;

(2) 制造系统管理技术群,指信息集成技术和企业管理有关的技术比如成组技术、计算机集成技术、并行工程、精益生产、敏捷制造、绿色制造、虚拟制造、全面质量管理等技术;

(3) 物料处理与设备技术群,指与物流有关的技术与设备比如特种加工技术、精密工程技术、微细加工技术、超高速加工技术、少无切削加工、材料生产加工的先进工艺及设备;

(4) 相关支撑技术群,属于制造工程科学的理论基础,有计算机技术、自动化技术、信息技术、微电子技术、系统工程、材料科学、生命科学、生物科学、仿生技术、机器人技术、管理科学等。

1.3.3 先进制造技术的分类

从先进制造技术的体系结构出发,较容易理解先进制造技术的分类见图 1-3,主要分成如下 4 大类。

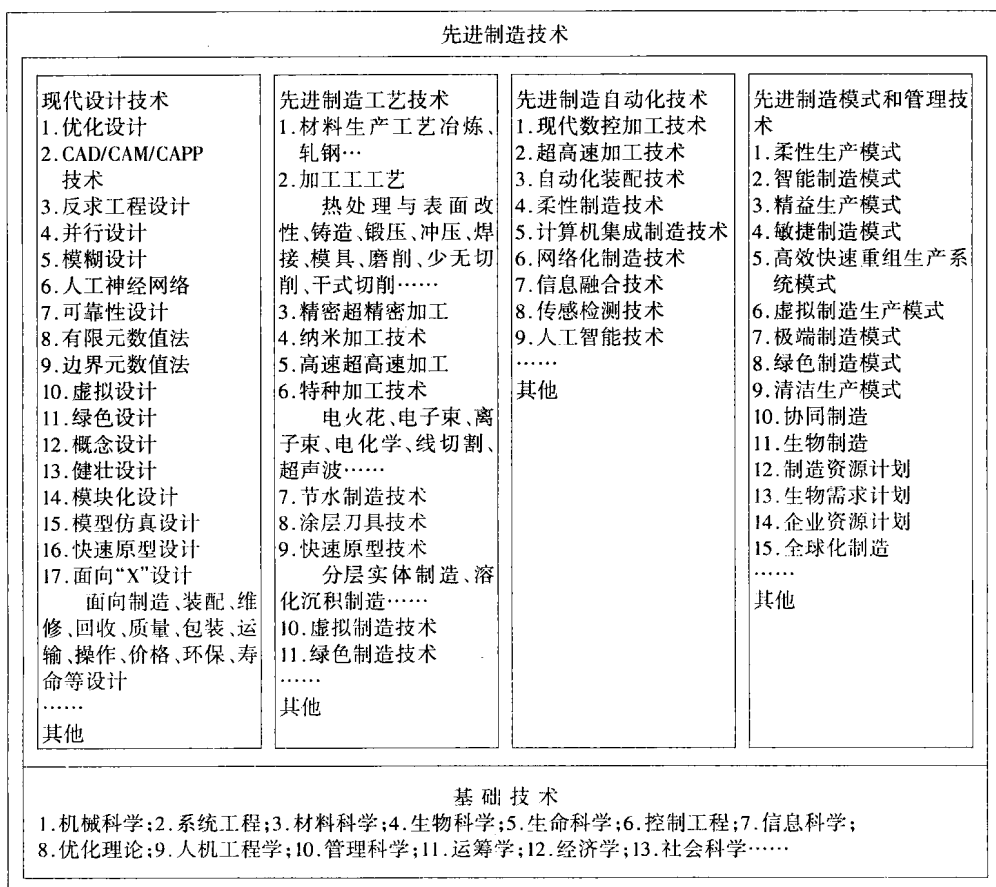


图 1-3 先进制造技术类型

1. 现代设计技术

指运用现代设计理论、技术、方法和科学知识,按照产品功能要求制订设计方案并付诸实施的技术。市场竞争对产品设计的要 求是要面向市场、面向用户,由此派生出的一系列新的设计理念,如面向制造、面向装配、面向检测、面向环境的绿色设计等。使设计与制造系统的全过程相结合,包括质量、成本、进度计划和用户需求,随时代发展,现代设计技术会促进产品功能不断完善、产品质量不断提高。

2. 先进制造工艺技术

制造工艺是制造的主体,是加工原材料或半成品,成为成品的生产过程,先进的制造工艺是先进制造技术的基础和核心。随时代的进步,制造过程和加工工艺的精密化、高速化、自动化、信息化得到了发展,是高科技水平的重要体现,微电子、计算机、信息、生物、新材料、航空航天、环保等高新技术产业广泛应用先进制造工艺,包括先进常规工艺与装备、精密与超精密加工技术、纳米加工技术、特种加工技术、成形工艺和材料改性等先进制造技术和工艺,是实现快速、灵活地生产出创新产品的根本保障。

3. 先进制造自动化技术

制造自动化的发展历程可分为刚性自动化、柔性自动化和综合自动化,20 世纪 50 年代的半自动和自动机床、组合机床等属于刚性自动化;数控技术、计算机数控、柔性制造单元、柔性制造系统等属于柔性自动化;20 世纪 80 年代以来的计算机集成制造技术 CIMS、并行工程、网络化制造技术等属于综合自动化技术。先进的制造自动化技术将向着制造全球化、制造敏捷化、制造网络化、制造虚拟化、制造智能化和制造绿色化的方向发展,使得制造过程的一体化制造系统、虚拟制造系统等得到非常广泛地应用。

4. 先进制造模式和管理技术

制造模式是制造业为提高产品质量、市场竞争力、生产规模和速度,以完成特定生产任务而采取的一种有效的生产方式和生产组织形式。先进制造模式目标是实现数字化设计、自动化制造、信息化管理、网络化经营。以信息技术为基础,包含先进管理哲理、理论和方法,来进行企业资源计划与控制的高度集成的先进管理信息系统将成为对企业影响深远的战略工具。对制造全过程进行质量管理,把形成产品质量的设计试制过程、制造过程、辅助生产过程、使用过程都管起来的全面质量管理(TQM-Total Quality Management)技术广泛被企业所采用。

1.4 先进制造技术的发展趋势

与传统制造技术相比,先进制造技术的优势明显,特点突出,表现在以下几方面。

(1) 先进制造技术的科学性

信息科学、纳米科学、材料科学、生命科学、管理科学和制造科学将是改变 21 世纪的主流科学,由此奠定了先进制造技术的理论技术基础,它所产生的高新技术及其产业将改变世界的面貌。因此,与以上领域相交叉发展的制造系统和制造信息学、纳米机械和纳米制造科学、仿生机械和仿生制造学、制造管理科学和可重构制造系统等也将成为 21 世纪机械工程科学的重要前沿科学。

(2) 先进制造技术的动态先进性

由于先进制造技术是在不断地吸收各种高新技术过程中逐渐形成的新技术,因而其内涵不是绝对和一成不变的。在不同时期,先进制造技术反映着不同的技术特点,同时,不同的国家和地区,先进制造技术也有其不同的内容。可以说,先进制造技术会随着时代的进步、科技的发展而不断地充实与完善。

(3) 先进制造技术的集成性

传统制造技术的学科、专业较为单一和独立,相互间的界限分明。而先进制造技术由于专业和学科间的不断渗透、交叉与融合,具体来说就是计算机技术、信息技术、控制与自动化技术、系统管理技术的集成,是制造系统向智能化过渡,逐步实现自适应性和自组织性,多学科交叉与融合的结果使学科界线逐渐淡化甚至消失,形成了集机械、电子、信息、材料和管理技术为一体的新的制造体系,可以称为“制造工程”。

(4) 先进制造技术的系统性

制造系统是一个复杂的大系统,随着微电子、信息技术的引入,先进制造技术可以驾驭生产过程的物质流、能量流和信息流,为满足制造系统敏捷性、快速响应和快速重组的能力,必须借鉴多学科的研究成果,探索制造系统新的体系结构、制造模式和制造系统有效的运行机制。制造系统新的体系结构不仅对制造企业的敏捷性和对需求的响应能力及可重组能力有重要意义,而且对制造企业底层生产设备的柔性和可动态重组能力提出了更高的要求。一项先进制造技术的产生往往要系统考虑制造的全过程,在开始设计时就考虑产品整个生命周期中从概念形成到产品报废处理等所有因素,包括质量、成本、进度计划和用户要求等,除了考虑产品的设计、制造全过程外,还需要更好地考虑到整个制造组织。

(5) 先进制造技术的实用广泛性

先进制造技术是面向 21 世纪的技术系统,它的目的很明确,即提高制造业的综合效益(包括经济效益、社会效益和环境生态效益),赢得激烈的国际市场竞争,具有很强实用性。从先进制造技术的发展过程与应用的范围来看(特别是达到的目标与效果),无不反映着这是一项应用于制造业,且对国民经济的发展起重大作用的实用技术。

先进制造技术是在传统制造技术基础上,不断吸收机械、电子、信息、材料、能源及现代管理等技术成果,虽然先进制造技术仍大量应用于加工和装配过程,但由于其组成包括了设计、自动化与系统管理技术,且将其综合应用于制造过程,他覆盖了产品设计、生产准备、加工与装配、检测、管理、销售、售后服务甚至回收再生等产品制造的整个过程。

对先进制造技术的发展趋势,国内外学者进行了大量的研究、总结和概括,国内学者就有这样的“十化”来概括,即集成化、网络化、精密化、自动化、高速化、智能化、标准化及全球化、虚拟化和绿色化,还有十二字研究,即先进制造产品的发展趋势对产品本身而言包括“精——精密化”“极——极端化”“文——人文化”,过程包括“绿——绿色化”“快——快速化”“省——节省化”“效——高效化”,方法包括“数——数字化”“自——自动化”“集——集成化”“网——网络化”“智——智能化”,但就自动化技术的发展趋势而言,也存在着五化即柔性化、敏捷化、集成化、智能化、全球化,从先进制造技术的类型和特点出发,先进制造技术的发展趋势也可以这样的归纳为设计技术的科学化、数字化、快速化、高效化、智能化、虚拟化、最优化、绿色化、全面化,制造工艺技术独特化(指特种加工工艺)、精密化、极端化、超速化,同时兼有高效化、虚拟化、智能化、绿色化,管理模式标准化、清洁化、节省化、整体化,

同时兼有网络化、全球化、科学化、智能化、集成化、绿色化、高效化、数字化。

总之,先进制造技术是对传统技术的不断扬弃,推陈出新,随着时代和社会的进步,为了满足制造产品的高(高附加值)、精(精密化)、尖(尖端产品)的要求,先进制造技术将不断地发展与完善,更加趋近于完备。

思考与练习

1. 科学技术是生产力,简述科学技术的发展所带来的制造业的变革以及如何培养科技创新能力。
2. 如何理解先进制造技术的内涵?
3. 如何理解绿色制造技术和先进制造技术的绿色化发展趋势?
4. 如何理解先进制造技术使得现代的制造系统被称为“制造工程”?

参考文献

- [1] 李毅.再炼基石:世界制造业变革的历史大势[M].北京:经济科学出版社,2005.
- [2] 王庆明.先进制造技术导论[M].上海:华东理工大学出版社,2007.
- [3] 刘忠伟.先进制造技术[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [4] 宾鸿赞,王润孝.先进制造技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [5] 何涛,杨竞,范云等.先进制造技术[M].北京:北京大学出版社,2006.
- [6] 李伟.先进制造技术[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [7] 张世昌.先进制造技术[M].天津:天津大学出版社,2004.
- [8] 杨继全,朱玉芳.先进制造技术[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [9] 李梦群,庞学慧,王凡.先进制造技术导论[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [10] 唐一平,洪军,赵万华.Advanced manufacturing technology[M].北京:科学出版社,2007.
- [11] 施平.Advanced manufacturing technology[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2006.
- [12] SHA D Y, CHEN YUNG - HSIN. Exploring the effects of advanced manufacturing technology and e - commerce in the alignment of supply chain coordination and competitiveness performance[J]. Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers. 2008, 25(5): 399 - 412.
- [13] SMALL MICHAEL H, YASIN MAHRNOUD. Advanced manufacturing technology adoption and performance: The role of management information systems departments [J]. Integrated Manufacturing Systems. 2008, 14(5): 409 - 422.
- [14] SONG JIN - BO, DAI DA - SHUANG, SONG YAN - QIU. The relationship between change of organizational structure and implementation of advanced manufacturing technology: An empirical study[J]. ICMSE'06 (13th). 2006. 10: 782 - 786.
- [15] THAKUR LAKSHRAN S, JAIN VIJAY K. Advanced manufacturing techniques and information technology adoption in India: A current perspective and some comparisons [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2008, 36(5 - 6): 618 - 631.
- [16] SONG JIN - BO, DAI DA - SHUANG, SONG YAN - QIU. The relationship between change of

- organizational structure and implementation of advanced manufacturing technology: An empirical study[J]. ICMSE'06, 2007: 782 – 786.
- [17] SUN XIAO – LIN, TIAN YE – ZHUANG, CUI GUO – GANG. The empirical study on the impact of advanced manufacturing technology on organizational structure and human resources management[J]. ICMSE'07, 2008, 1548 – 1553.
- [18] ZHOU RONG – FU, FANG SHU – FEN. Research on synergy of advanced manufacturing technology and production process[J]. ICMSE'07, 2008, 873 – 878.
- [19] SMALL MICHAEL H. Planning, justifying and installing advanced manufacturing technology: A managerial framework[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2007, 18(5): 513 – 537.
- [20] HYNEK, JOSEF, JANECEK. Selected problems of advanced manufacturing technology projects adoption[J]. WSEAS Transactions on Systems, 2007, 6(4): 787 – 794.
- [21] ZHANG JIAN – HUA, JU XIAO – FENG. The relationship between organizational management and advanced manufacturing technology: An empirical study[J]. ICMSE'07, 2008, 651 – 656.
- [22] AL – AHMARI A M A. A methodology for selection and evaluation of advanced manufacturing technologies[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2008, 21(7): 778 – 789.
- [23] WALDECK NANCY E. Worker assessment and the provision of developmental activities with advanced technology: An empirical study[J]. International Journal of Production Economics, 2007, 107(7): 540 – 554.
- [24] OBEROI J S, KHAMBA J S, SUSHIL, KIRAN R. The relative impact of technology and sourcing practices in managing manufacturing flexibilities – Evidence from large and medium scale enterprises in India[J]. Human Systems Management, 2007, 26(3): 199 – 215.
- [25] STROJWAS, ANDRZEJ J. Conquering process variability: A key enabler for profitable manufacturing in advanced technology nodes[J]. ISSM 2006 Conference, 2006, xxiii – xxxii.
- [26] GOUVEA DA COSTA, SERGIO E, PLATTS, KEN W. FLEURY. Strategic selection of advanced manufacturing technologies (AMT), based on the manufacturing vision[J]. International Journal of Computer Applications in Technology, 2006, 27(1): 12 – 23.
- [27] 杨叔子, 史铁林. 以人为本——树立制造业发展的新观念[J]. 机械工程学报. 2008, 44(7): 1 – 5.
- [28] 杨叔子. 制造、先进制造技术及其发展趋势[J]. 中国军转民. 2008(7): 12 – 20.
- [29] 杨叔子. 纵论先进制造业[J]. 国际技术贸易. 2008(3): 14 – 17.
- [30] 杨叔子. 制造、先进制造技术的发展及其趋势上[J]. 装备制造. 2008(4): 52 – 56.
- [31] 杨叔子. 制造、先进制造技术的发展及其趋势下[J]. 装备制造. 2008(5): 38 – 41.
- [32] 张建华. 中美先进制造技术应用比较研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [33] 王东波. 基于工作特性模型的先进制造技术实施效果实证研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [34] 胡晓波. 先进制造技术项目的综合评价[D]. 北京: 清华大学, 2004.
- [35] 宋金波. 企业组织变革与实施先进制造技术的配适关系研究[D]. 大连: 大连理工大学,